

肺高血圧症における右室前  
駆出時間：心エコー図法に  
よる検討

Echocardiographic  
measurement of right  
ventricular pre-ejection  
period in cases with  
pulmonary hypertension

石川 健  
羽根田 隆  
三浦 拓二  
中嶋 俊之  
荒井 徹  
金沢 正晴  
小野寺幸男  
三又 知文  
白土 邦男  
小岩 喜郎  
滝島 任

Ken ISHIKAWA  
Takashi HANEDA  
Takuji MIURA  
Toshiyuki NAKAJIMA  
Tohru ARAI  
Masaharu KANAZAWA  
Sachio ONODERA  
Tomofumi MIMATA  
Kunio SHIRATO  
Yoshiro KOIWA  
Tamotsu TAKISHIMA

**Summary**

Right ventricular pre-ejection period (RPEP) was measured echocardiographically in 18 patients with pulmonary hypertension, and the RPEP was compared with the level of either pulmonary arterial pressure or right ventricular end-diastolic pressure (RVEDP). Ages of patients ranged from 8 to 54 years (mean 33), and those with complete right bundle branch block or elevated left ventricular end-diastolic pressure were excluded from this study. They were divided into 2 groups according to their RVEDP: Group A (RVEDP < 10 mmHg) and Group B (RVEDP ≥ 10 mmHg). The mean pulmonary arterial pressure (PAP) was  $50 \pm 22$  (SD) mmHg in 12 cases of Group A and  $58 \pm 26$  mmHg in 6 of Group B. The pulmonic valve echo was recorded from the 3rd interspace and the RPEP was measured from the onset of QRS complex to the "b'" point of the valve echo. In both groups, a prolongation of RPEP was observed ( $118 \pm 14$  msec in Group A and  $117 \pm 21$  in Group B), though there was no significant difference between them. Each value of the RPEP significantly correlated with the respective level of PAP ( $r=0.583, p<0.05$ ) but not with that of RVEDP. There was no significant correlation was found between this index and other hemodynamic parameters such as heart rate, right ventricular stroke volume and pulmonary blood flow. On the other hand, a signi-

東北大学医学部 第一内科  
仙台市星陵町 1-1 (〒980)

The First Department of Internal Medicine, Tohoku  
University School of Medicine, Seiryomachi 1-1,  
Sendai 980

Presented at the 18th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 2-3, 1979  
Received for publication July 28, 1979

ficant correlation was found between RPEP and pulmonary arterial diastolic pressure—RVEDP difference ( $r=0.608$ ,  $p<0.01$ ). These results suggest that RPEP is mainly determined by the developed pressure during isovolumic contraction even in cases with elevated RVEDP. Therefore, the value of RPEP may be of use for estimating the level of pulmonary arterial pressure.

### Key words

Pulmonary hypertension  
period (RPEP)

Pulmonic valve

Echocardiogram

Right ventricular preejection

## はじめに

非観血的に肺高血圧を診断しうる方法として、肺動脈弁エコーの分析が近年諸家により盛んに行われている。すなわち弁エコーに肺高血圧特有のパターンのみられることから<sup>1-3)</sup>、エコーパターンより肺動脈圧を推定しようとの試みがある。しかし弁エコーの動きには肺動脈圧のみならず、心臓の動き<sup>4)</sup>、エコービーム方向の相違<sup>5)</sup>、さらに弁の器質的変化<sup>6)</sup>などが複雑に關与している可能性があり、大まかな肺高血圧の有無のチェックは可能であっても、肺動脈圧の定量的な評価は難しい。これに比べ、弁エコーから右室収縮期時相を測定し肺動脈圧を推定する方法は、定量的意味をもつ点で前者より優れているといえる<sup>7,8)</sup>。

一般に時相分析に用いられる指標としては、駆出時間、等容収縮時間、前駆出時間などがあるが、我々は心エコー図より最も容易に計測可能な右室前駆出時間 (RPEP) に注目し、検討を重ねてきた。すなわちエコーより求めた RPEP には肺動脈平均圧 (PAP) と正の相関が認められる<sup>9)</sup>。しかし RPEP は右室圧の立ち上がり速度にも当然影響されうるため<sup>10)</sup>、同程度の肺高血圧症であっても本指標は右心機能の良否により異なった値をとりうる事が予想される。今回、肺高血圧症例中、右室拡張終期圧 (RVEDP) の上昇例と上昇しなかった例について、おのおの RPEP を測定、両者間に差があるかどうかを検討したので報告する。

## 対象と方法

対象は Table 1 に示すように、心カテーテル

検査で肺動脈平均圧 (PAP) 25 mmHg 以上の諸種肺高血圧症 18 例 (年齢 8~54 歳, 平均 33 歳) であり、このうち RVEDP 10 mmHg 未満を A 群, 10 mmHg 以上に上昇した例を B 群と分類した。肺高血圧の程度は軽度なものから体血圧を凌駕するほど高度なものまで、症例により様々であったが、PAP は A 群で平均 50 mmHg, B 群で平均 58 mmHg であり、両群間に有意差は認められなかった。また心拍数、肺血流量にも有意差はなかった。なお完全右脚ブロック例、左室拡張終期圧 (LVEDP) 13 mmHg 以上の例は対象から除外してある。

心エコー図検査は 7 例では心カテーテル中に施行、他の 11 例では心カテーテル検査 1 ヶ月以内に行った。方法は Aloka 製 SSD-110 を使用、周波数 2.25 MHz, 直径 10 mm の平板探触子により 100 mm/sec の速度で心電図と同時に strip-chart recorder (ECO-125SC, フクダ電子製) に記録した。肺動脈弁エコーの検出は背臥位にて第 3 肋間より行い、RPEP は呼気終末時、心電図 Q 波の始まりから肺動脈弁エコーの b' 点までとして算出した (Fig. 1)。

## 結 果

Fig. 2 は RPEP 測定値を示す。A, B 両群の肺高血圧症例中でも RPEP 値は 86~148 msec と広く分布したが、1 例を除いて 90 msec 以上に延長しており、正常値<sup>11)</sup>と比較すると、肺高血圧症で本指標が延長することが確認された。しかしながら A, B 両群間の比較では、A 群で平均  $118 \pm 14$  msec (SD), B 群で平均  $117 \pm 21$  msec

Table 1. Hemodynamic data of all patients

Case	Age Sex (yrs)	Diagnosis	HR (beats/min)	PAP̄ (mmHg)	Qp (l/min/m <sup>2</sup> )	RVEDP (mmHg)	LVEDP (mmHg)
Group A							
1.	T. T. 20 F	ASD	80	32	2.75	7	7
2.	J. S. 25 F	ASD+MR	91	32	12.5	9	5
3.	D. H. 14 M	VSD	101	67	15.1	9	9
4.	S. K. 14 F	PPH	67	88	1.85	5	4
5.	H. S. 42 M	PDA	87	85	—	4	—
6.	O. A. 20 F	VSD	114	60	4.48	4	7
7.	Y. E. 54 M	MSR	72	29	3.55	5	7
8.	K. S. 38 F	MS+AR	90	28	2.69	7	9
9.	K. M. 26 F	PPH	108	47	3.03	4	5
10.	Y. O. 37 F	PPH	95	48	3.68	3	4
11.	T. M. 8 M	suspect. of PPH	117	60	—	6	5
12.	E. A. 36 F	MSR+AR	110	29	2.69	0	4
mean	28		94	50	5.23	5	6
SD	14		16	22	4.61	3	2
Group B							
1.	H. M. 36 M	PPH	80	105	2.06	22	1
2.	M. H. 47 F	Pulm. tbc	128	33	3.84	10	4
3.	I. H. 48 F	ASD+MR	90	48	5.28	13	8
4.	S. O. 47 M	MS+TR	90	55	3.07	15	5
5.	M. I. 47 F	ASD	62	40	5.31	13	6
6.	J. W. 35 F	PPH	80	65	2.49	20	4
mean	43		88	58	3.68	16	5
SD	6		22	26	1.39	5	2

Group A=patients with lower right ventricular end-diastolic pressure (RVEDP<10 mmHg); Group B=patients with higher RVEDP (≥10 mmHg); F=female; M=male; ASD=atrial septal defect; VSD=ventricular septal defect; PDA=patent ductus arteriosus; MR=mitral regurgitation; MS=mitral stenosis; AR=aortic regurgitation; TR=tricuspid regurgitation; PPH=primary pulmonary hypertension; Pulm. tbc=pulmonary tuberculosis; HR=heart rate; PAP̄=mean pulmonary arterial pressure; Qp=pulmonary blood flow; LVEDP=left ventricular end-diastolic pressure; SD=standard deviation.

と RPEP 値の大きさに明らかな差は認められなかった。

肺高血圧症における RPEP 値に影響を及ぼす因子を検討するため、本指標と各種循環諸量との関係を見ると、心拍数、右室一回拍出量、肺血流量、肺血管抵抗との間には一定の相関はみられなかった。また RVEDP、LVEDP との間にも相関はなかった。

一方、Fig. 3 に示すように RPEP と PAP̄ を

比較すると、同程度の PAP̄ でも RPEP の値にかなりのばらつきはみられるが、全体としては正相関を示し、肺高血圧症例中でも肺動脈圧の高い例ほど RPEP は延長することがわかる。この関係は肺動脈拡張期圧 (PADP) と RVEDP との圧較差 ( $\Delta P$ ) について調べるといっそう明らかで (Fig. 4)、RVEDP 上昇の B 群中 2 例では図中、他例よりやや左上方への偏位が認められるが、全体としては正相関の関係にあった。

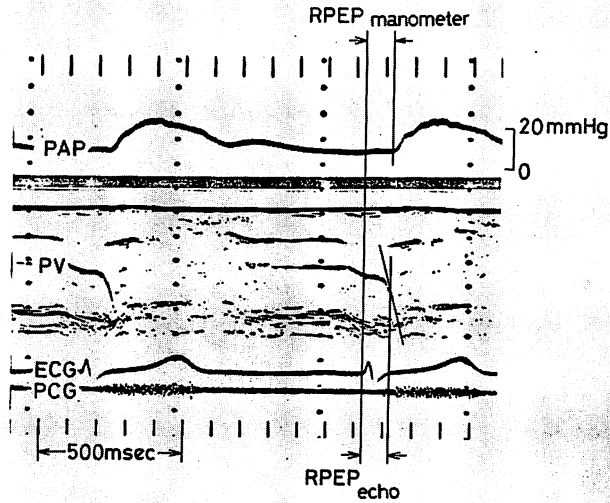
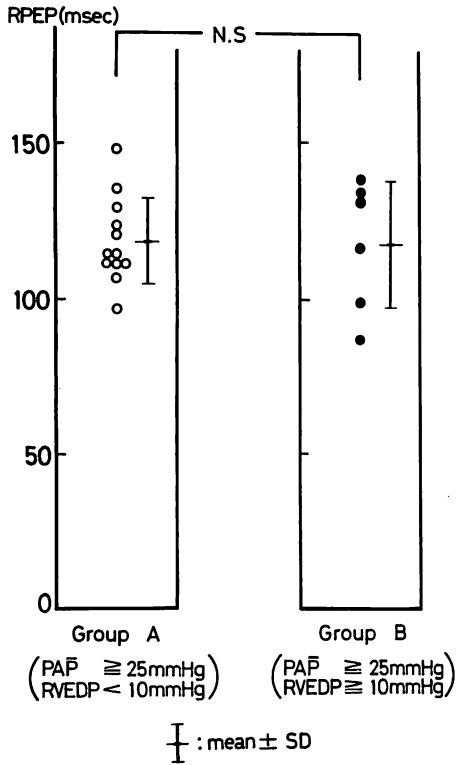


Fig. 1. Simultaneous measurements of right ventricular pre-ejection period (RPEP) from pulmonary arterial pressure curve and pulmonic valve echo.

Note that echocardiographic RPEP coincides with manometric RPEP. PAP=pulmonary arterial pressure; PV=pulmonic valve; ECG=electrocardiogram; PCG=phonocardiogram; RPEP manometer=RPEP measured from pressure curve; RPEP echo=RPEP measured from valve echo.



←Fig. 2. Comparison of RPEP between Group A and Group B.

### 考 案

右心系における前駆出時間と駆出時間の比は、左心系と異なり、収縮能や前負荷の影響よりも後負荷(肺動脈圧)の影響を受けることが報告されてきている<sup>7-10)</sup>。ただしこれらを心エコー図を用いて算定する場合、小児とは異なり、成人では弁閉鎖点の正確な認定が困難なことから、駆出時間の測定には問題がある<sup>12)</sup>。これに比べ肺動脈弁開放期のエコーは比較的記録が容易であり、Fig. 1に示すように肺動脈弁エコーの緩徐な後方運動から急激な後方運動に移行する変曲点が、弁の開放点にほぼ一致することがわかる。

この方法により RPEP を測定すると、肺高血圧症 18 例中 17 例で延長が認められ、RPEP のみの測定でも肺高血圧の有無を高率に推定しうることがあらためて確認された。しかしながら RPEP の規定因子はいうまでもなく多岐に渡っ

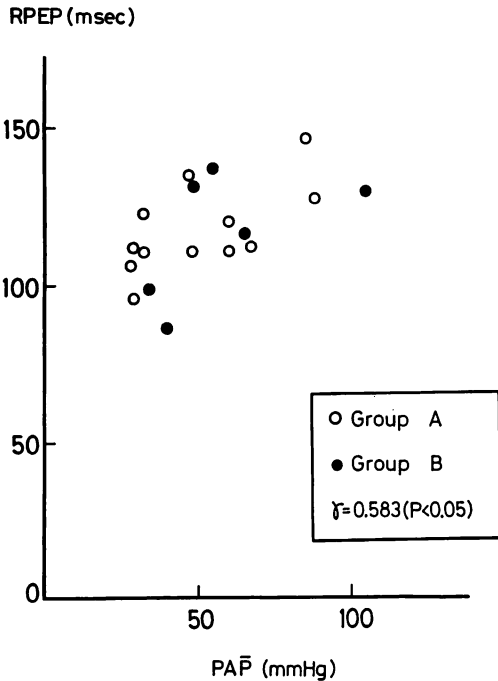


Fig. 3. Relationship between  $\text{PA}\bar{\text{P}}$  and RPEP.

ており、いまこれらの関係を理解するため、Fig. 5 のように模式図をつくると、1 の electromechanical interval がほぼ一定とすれば、3 の RPEP は 2 に示す右室等容収縮期 (RVICT) を反映すると考えられる。RVICT は Fig. 5 において斜線で示す直角三角形の二辺、すなわち肺動脈拡張期圧 (PADP) と RVEDP の圧較差  $\Delta P$  および右室等容収縮期の圧勾配により規定される。

これまで肺動脈圧正常例と肺高血圧症例との比較で、我々は RPEP が RV max dp/dt をはじめ、右室一回拍出量、心拍出量と明らかな相関を示さず、したがって臨床的には RPEP は等容収縮期の圧勾配の影響よりも圧上昇の影響を大きく受けることを見出してきた<sup>11)</sup>。しかしながら Riggs ら<sup>9)</sup>は、congestive cardiomyopathy では肺動脈圧と無関係に RPEP が延長することを報告、また Curtiss ら<sup>10)</sup>も観血的測定で右室の ICT が右室圧勾配に影響されることを示している。事

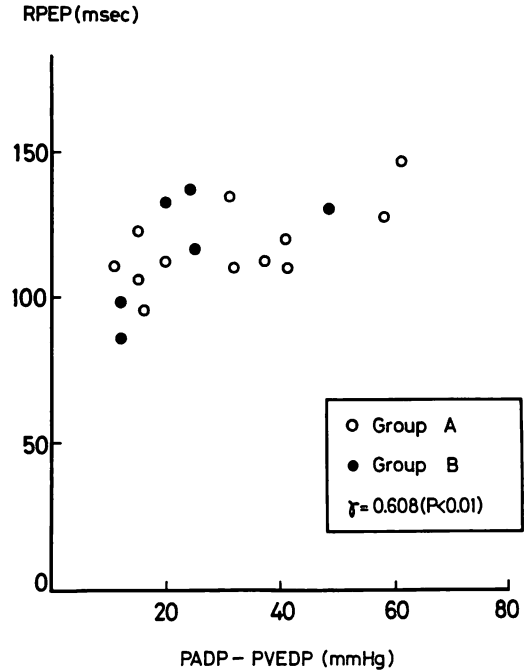


Fig. 4. Relationship between PADP - RVEDP and RPEP.

PADP=pulmonary arterial diastolic pressure.

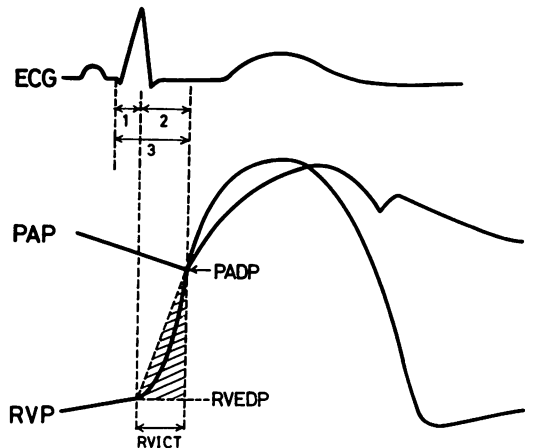


Fig. 5. Determinants of RPEP.

1=electromechanical interval; 2=right ventricular isovolumetric contraction time (RVICT); 3=RPEP.

実持続する肺高血圧のため、右室に代償不全をきたすような場合は圧上昇速度はゆるやかとなり、同じ肺動脈圧下であっても RPEP はより延長している可能性は否定できない。したがって今回は対象を肺高血圧症例にしぼり、右心機能を表現する一指標である RVEDP を基準に、これが 10 mmHg 未満の例を A 群、10 mmHg 以上に上昇したため右心機能低下が疑われる例を B 群とし、両群の RPEP の大きさおよび他の循環諸量との関係を吟味した。その結果、個々の例では本指標と肺動脈圧、または  $\Delta P$  (PADP-RVEDP) の間にかなりのばらつきがみられ、とくに B 群中、静脈圧の上昇やその他の臨床所見より、右心機能低下の疑われた 2 例では  $PAP$ ,  $\Delta P$  から予想される以上に RPEP は延長傾向にあることが認められた。

今回の症例には LVEDP 上昇例は含まれておらず、左心機能の低下がこのばらつきに関与しているとは考え難い。一方、上に述べた B 群のばらつきは、右室収縮能の相違が各症例の RPEP にある程度の差をもたらしている可能性を示唆する。しかしながら A 群、B 群全体の比較ではおのおの RPEP の平均は  $118 \pm 14$  msec,  $117 \pm 21$  msec と同様に延長しており、両群間に明らかな差を認めなかった。また RPEP と循環諸量とを対比させても、心拍数、右室一回拍出量などと明らかな相関を認めなかった。これに反し、本指標が  $PAP$  と有意に相関し、さらに Fig. 5 に示した三角形の垂直辺の高さ  $\Delta P$  とより密に相関したことは、肺高血圧症例内の RPEP の差も後負荷の相違によるものが最も大きいことを示している。

今回対象とした肺高血圧症例はいずれも心カテーター検査施行中、あるいは施行前後に RPEP を測定した心予備能の比較的保たれている例であり、高度な右心不全を呈した症例は含まれていない。また LVEDP 上昇例を除外したため、うっ血型心筋症などでの検討も行っていない。したがって今後はこれら心不全例での肺動脈圧と RPEP 間の検討が必要となろうが、今回の成績は RPEP

が単に肺高血圧の有無をチェックしうるのみならず、肺高血圧の程度を推定する半定量的指標としても活用しうることを示唆している。

#### 文 献

- 1) Nanda NC, Gramiak R, Robinson TI, Shah PM: Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. *Circulation* 50: 575, 1974
- 2) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S: Echocardiographic patterns of pulmonary valve motion with pulmonary hypertension. *Circulation* 50: 905, 1974
- 3) Sakamoto T, Matsuhisa T, Hayashi T, Ichiyasu H: Echocardiogram of the pulmonary valve. *Jap Heart J* 15: 360, 1974
- 4) Pocoski DJ, Shah PM: Physiologic correlates of echocardiographic pulmonary valve motion in diastole. *Circulation* 58: 1064, 1978
- 5) Hada Y, Sakamoto T, Hayashi T, Ichiyasu H, Amano K, Tei C, Kato K: Echocardiogram of the pulmonary valve. Variability of the pattern and the related technical problems. *Jap Heart J* 18: 298, 1977
- 6) 羽根田 隆, 三浦拓二, 石出信正, 宮沢光瑞, 滝島任, 丹羽 隆: 原発性肺高血圧症の心エコー図。肺動脈弁エコーを中心として。日誌 67: 71, 1978
- 7) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz D, Korfhagen J, Kaplan S: The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. *Circulation* 52: 642, 1975
- 8) Riggs T, Hirschfeld S, Borkat G, Knoke J, Lieberman J: Assessment of the pulmonary vascular bed by echocardiographic right ventricular systolic time intervals. *Circulation* 57: 939, 1978
- 9) 小野寺幸男, 羽根田 隆, 三浦拓二, 金沢正晴, 中嶋俊之, 荒井 徹, 三又知文, 石出信正, 宮沢光瑞, 滝島 任: 肺動脈弁エコーによる右室駆出前期時間測定の妥当性。カテ先マノメーター法との対比。日超医講演論文集 33: 25, 1978
- 10) Curtiss EI, Reddy PS, O'Toole JD, Shaver JA: Alterations of right ventricular systolic time intervals by chronic pressure and volume overloading. *Circulation* 53: 997, 1976
- 11) 滝島 任, 羽根田 隆: 肺動脈弁エコーパターンによる右室収縮期時相分析とその意義。カテ先マノメーター法との対比。日超医講演論文集 34: 387, 1978
- 12) 金沢正晴, 羽根田 隆, 三浦拓二, 小野寺幸男, 中嶋俊之, 荒井 徹, 石川 健, 宮沢光瑞, 滝島 任: 肺動脈弁エコーによる弁閉鎖時相の検討。日超医講演論文集 34: 89, 1978